

ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056.55

Д. В. Шиман, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
Н. В. Пацей, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЕРЕМЕЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассмотрены методика применения и принцип работы методов равномерного перемежения для предварительной обработки изображений. Представлен пример приложения, восстанавливающего перемеженное изображение при его 50% искажении. Обсуждаются голографические свойства перестановки. Определена область использования бит-реверсивного перемежения.

Method of application and operation pre-processing of images based on uniform bit-reversal interleaving are presented in the article. The experimental simulation results of application work for interleaving image restoring even at 50% loss are done. Discusses the properties of holographic permutation. Finally determined the field of bit-reverse interleaving use.

Введение. Голограмма представляет собой запись интерференционного изображения, образованного между двумя пучками когерентного света, идущего от лазера на светочувствительный носитель, такой как фотопленку. У голограммы существует эффект, благодаря которому восстановить полное изображение объекта можно по любому кусочку голографического снимка (с ухудшением качества изображения). Существуют методы обработки информации, называемые перемежением, которые по аналогии с голограммой позволяют по части изображения восстановить его.

Целью настоящей работы является исследование голографических свойств алгоритмов перемежения, применяемых для обработки графических файлов.

Основная часть. Бит-реверсивная перестановка. Методы перемежения традиционно применяются в системах передачи информации совместно с помехоустойчивыми кодами [1–2], для сортировки многомерных массивов и в быстром преобразовании Фурье (БПФ). Перемежение уменьшает корреляцию между соседними символами и характеризуется типом, определяющим способ его построения, а также свойствами. Основной характеристикой перемежителей является глубина перемежения (минимальное расстояние разнесения бит) [3].

Из множества типов перемежителей широко используются блочный, s-random и циклический [2]. Для обработки изображений наиболее эффективным будет метод равномерного перемежения, а именно бит-реверсивная перестановка (bit-reversal interleaving).

Принцип работы метода заключается в следующем. Допустим, есть $n = 2^l$. Тогда перестановочная матрица P_n размера $n \times n$ определяется как:

$$z = P_n^T x \Rightarrow z(k) = x(r_n(k)), \quad k = 0, \dots, n-1, \quad (1)$$

где $r_n(k)$ – число, полученное изменением порядка бит на реверсивный в k -ом t -битном представлении:

$$(k)_2 = b_0 \dots b_{t-1} \Rightarrow (r_n(k))_2 = b_{t-1} \dots b_0. \quad (2)$$

Например, для $n = 8$ индексы последовательности будут числа: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; или в двоичном представлении: 0b000, 0b001, 0b010, 0b011, 0b100, 0b101, 0b110, 0b111. Переставим биты каждого числа в обратном порядке с учетом максимальной длины двоичного числа: 0b000, 0b100, 0b010, 0b110, 0b001, 0b101, 0b011, 0b111, что соответствует десятичным числам: 0, 4, 2, 6, 1, 5, 3, 7. Элементы исходной последовательности переставляются в соответствии с полученными индексами. Таким образом, получилась перестановка последовательности в бит-реверсивном порядке. Смежные элементы в выходной последовательности состоят из элементов, которые расположены в разных половинках исходной последовательности. Кодирование и декодирование осуществляется одним и тем же алгоритмом.

Для преобразования двумерного изображения необходимо переставить биты в координатах x, y каждого пикселя.

Экспериментальные результаты и их обсуждение. Для исследования преобразований

было разработано приложение на JavaScript. На рис. 1 представлено исходное изображение размера 512×512 пикселей. В результате бит-реверсивной перестановки получаем изображение, приведенное на рис. 2. Визуально заметно, что в ходе преобразования крупные элементы изображения становятся мелкими, и наоборот, мелкие – крупными. Однако существуют исключения, когда исходная последовательность не изменяется [4].



Рис. 1. Исходное изображение

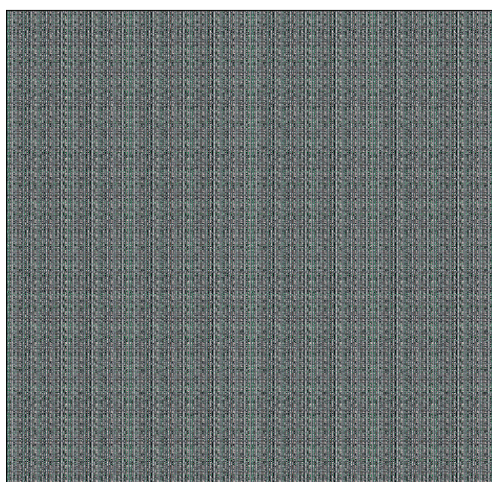


Рис. 2. Закодированное изображение

Выполним над закодированными данными повторную бит-реверсивную перестановку и оценим результат. Как видно из рис. 3, изображение восстановилось на 100%.

Проведем еще один эксперимент. Допустим, в ходе передачи большая часть закодированного изображения была утеряна в результате действия низкочастотного шума или стираний (рис. 4).

Тогда в ходе бит-реверсивной перестановки (декодирования) изображение частично восстановилось, что видно на рис. 5. Низкочастотный шум преобразовался в высокочастотный. При передаче без предварительного перемежения

подобное восстановление было бы невозможно (в этом случае была бы получена только первая половина изображения).



Рис. 3. Восстановленное изображение

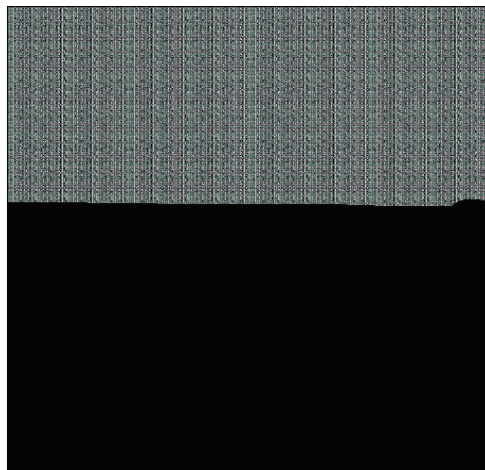


Рис. 4. Искаженное изображение



Рис. 5. Восстановленное изображение

Таким образом, при бит-реверсивной перестановке проявляется два голографических свойства:

1) восстановление изображения с меньшим разрешением по любому блоку из множества допустимых;

2) восстановление очертаний исходного изображения, если отсутствует значительная часть закодированного изображения.

Немаловажное значение при перемежении имеет скорость преобразования. Наиболее распространенный алгоритм вычисления обратного порядка бит – использование последовательного сдвига и сложения [5–6]. Также используются алгоритм [7] для radix-2 БПФ, алгоритм Фразера [8], основанный на циклических сдвигах, и многие другие [9–10]. Основной недостаток этих алгоритмов – большая асимптотическая сложность $O(n \log_2 n)$.

Для прямого отображения одной последовательности в другую необходимы более быстрые функции. Это может быть быстрый реверсивный алгоритм, основанный на факторизации [11], или линейный рекурсивный алгоритм [12] со сложностью, не превышающей $O(n)$.

Заключение. Бит-реверсивная перестановка изображения – это всего лишь перестановка пикселей без добавления какой-либо дополнительной информации. Сколько пикселей будет утрачено в закодированном изображении, столько же пикселей будет не хватать и в восстановленном изображении. Однако даже при утере 70% пикселей при соответствующей цифровой обработке (и даже без нее) изображение будет узнаваемым.

Кроме того, в случае последовательной передачи проявляется эффект прогрессивного кодирования (с самого начала будет представлено все изображение с низким разрешением, затем последовательно четкость изображения доводится до максимальной). Просмотрев изображение низкого разрешения, можно отменить передачу данных, улучшающих четкость, и тем самым сэкономить время.

Таким образом, методы обработки изображений, основанные на перемежении, можно использовать как для хранения информации, так и для эффективного распознавания.

Литература

1. Романенко, Д. М. Адаптивное преобразование информации на основе избыточного кодирования и перемежения данных / Д. М. Романенко, Д. В. Шиман, Ю. О. Горбунова // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информ. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 159–162.
2. Романенко, Д. М. Использование W-циклического перемежителя в системах комплексного преобразования информации / Д. М. Романенко, Д. В. Шиман, Ю. О. Горбунова // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010: материалы II Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс] / УО ГрГУ. – Гродно, 2010. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 995 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 24.05.2010 г., № Д201019.
3. Шиман, Д. В. Методы и компьютерные модели преобразования информации на основе избыточного итеративного кодирования и перемежения данных: дис. канд. тех. наук: 05.13.17 / Д. В. Шиман. – Минск, 2009. – 152 с.
4. Richman, R. Recursive Binary Sequences of Differences // Complex Systems, 2012. – № 13 (4). – P. 381–392.
5. Cooley, J. W. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier Series / J. W. Cooley, J. W. Tukey // Marh. of Comput. 1965. – № 19 (90). – P. 297–301.
6. Cooley, J. W. The Fast Fourier Transform and Its Applications / J. W. Cooley, P. A. W. Lewis, P. D. Welch // IEEE Transactions on Education, 1969. – № 12 (1). – P. 27–34.
7. Johnson, H. W. An In-Place, In-Order Radix-2 FFT / H. W. Johnson, C. S. Burms // ICASSP Proceedings. – 1984.
8. Fraser, D. Bit-Reversal and Generalized Sorting of Multidimensional Arrays / D. Fraser // Signal Processing. – 1985. – № 9 (3). – P. 163–176.
9. Evans, D. M. W. An Improved Digit-Reversal Permutation Algorithm for the Fast Fourier and Hanley Transforms / D. M. W. Evans // IEEE Transactions on ASSP. – 1987. – № 35. – P. 1120–1125.
10. Bms, C. S. Unscrambling for Fast DFT Algorithms / C. S. Bms // IEEE Transactions on ASSP. – 1988. – № 36 (7). – P. 1086–1087.
11. Panduranga, H. T. An image encryption approach using bit-reversal method / H. T. Panduranga, S. K. Naveenkumar // Procc. NCIMP. – 2010. – P. 181–183.
12. Kumar, N. Encryption Approach for Images using Bits Rotation Reversal and Extended Hill Cipher Techniques / N. Kumar, S. Kumar, H. Panduranga // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 59. – № 16. – P. 10–15.

Поступила 01.03.2013